Escola de Educação Profissional SENAI Visconde de Mauá

Inversor de Frequência

Prof° Vander Campos

Automação Industrial

Porto Alegre, Maio de 2014

Revisão: A





- Conhecer os princípios básicos do inversor de frequência;
- Saber interpretar os diagramas elétricos dos manuais dos fabricantes;
- Ser capaz de definir parâmetros para atender determinados casos;

OBJETIVOS:



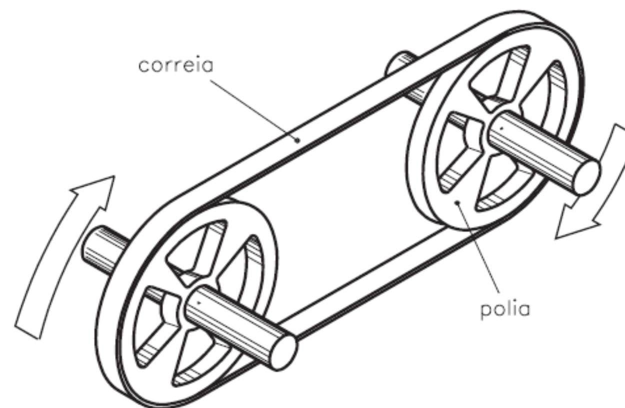


Variação de velocidade

- Mecânica;
- Hidráulica;
- Elétrica;

Variação de velocidade: Mecânica

- A combinação de polias, rodas dentadas, cremalheiras, sem-fins e outros dispositivos permitem diferentes velocidades num eixo.



Variação de velocidade: Hidráulica

- Através do controle do vazão de óleo, por exemplo, é possível variar a velocidade com que o motor (hidráulico) gira.

Variação de velocidade: Elétrica

- Modificando características como: n° de espiras do bobinado; ligações das bobinas; número de pólos; impedância do circuito; permeabilidade do circuito magnético, dentre outras é possível modificar características que fazem variar a rotação do motor. Dentre as possibilidades de acionamentos para controle de variação de velocidade, destacam-se os inversores de freqüência.

Variação de velocidade: Elétrica

3.3.3 **Velocidade síncrona (ns)**

É a velocidade do campo magnético girante formado internamente no motor. Através dela pode-se saber o valor da rotação do motor.

A equação que determina a rpm (rotações por minuto) é:

$$ns = \frac{2 \cdot 60 \cdot f}{p}$$

Onde: ns = velocidade síncrona em rpm
f = freqüência da rede em Hz
p = número de pólos.

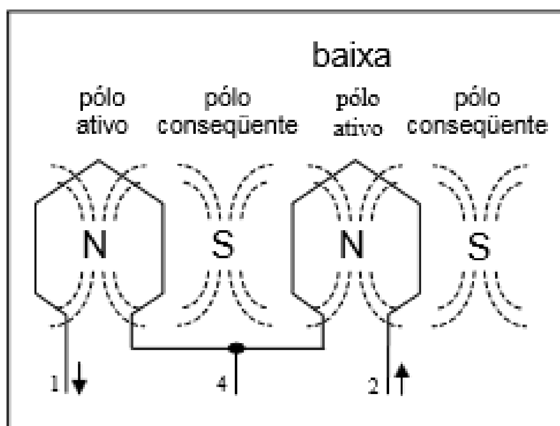
Exemplo: Em um motor de 2 pólos em rede de 60 Hz a rotação será de 3600 rpm.

Fonte: BASOTTI, Márcio Rogério. **Eletricidade;** Instalações Industriais; SENAI-RS; Página 22

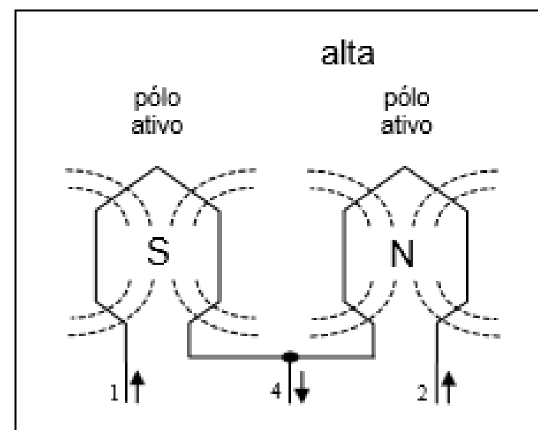
Motores trifásicos assíncronos de gaiola

- Esses motores, que geralmente são os que são comandados por inversores de freqüência, são assim denominados devido a sua forma construtiva e seu princípio de funcionamento.
- O estator do motor é bobinado com algumas espiras. O rotor possui "bobinas de uma espira", interligadas (em curto), formando uma espécie de gaiola.
- Ao ser alimentado, o estator induz no rotor uma corrente elétrica. Os pólos magnéticos formados no estator e no rotor interagem, provocando movimento de rotação no eixo do motor, já que este é alimentado com AC.

Variação de velocidade: Elétrica



Comportamento do campo magnético de um motor 2/4 pólos fechado para baixa rotação.



Comportamento do campo magnético de um motor 2/4 pólos fechado para alta rotação.

Fonte: BASOTTI, Márcio Rogério. **Eletricidade;** Instalações Industriais; SENAI-RS; Página 15

Motores trifásicos assíncronos de gaiola

- A velocidade com que o motor gira pode ser determinado através da equação:

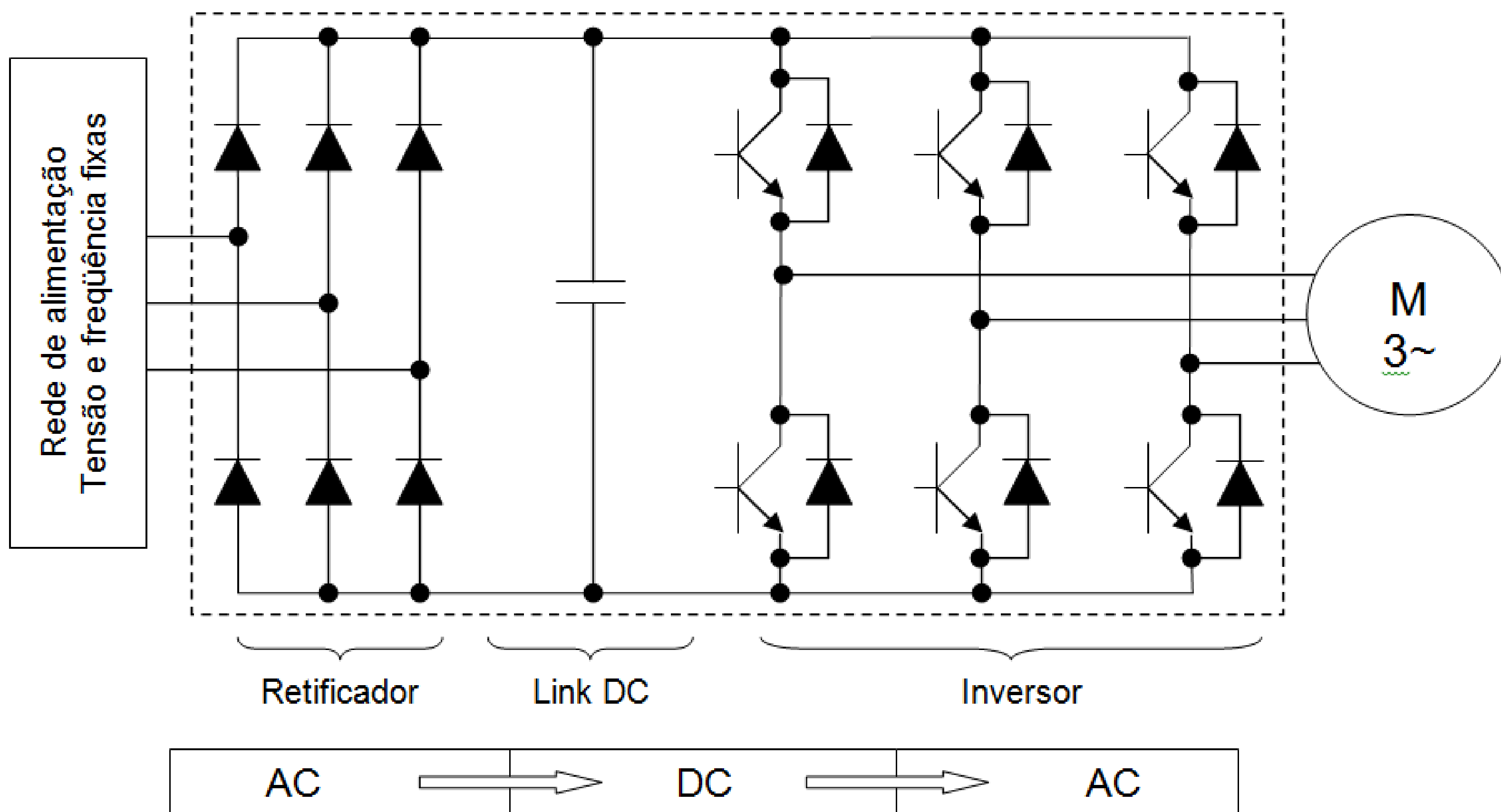
$$V_{RPM} = \frac{F_{(Hz)} \times 120}{N° \, pólos} - S_{(RPM)}$$

- Os inversores, atuam justamente na frequência de alimentação do motor, proporcionando assim variação de velocidade.

Inversores de Frequência

- Esses equipamentos permitem alimentar motores elétricos, com um valor de frequência de acordo com a necessidade, evidentemente dentro de uma faixa de ajuste determinada pelo fabricante. O circuito de potência de um inversor consiste basicamente na retificação e filtragem da corrente elétrica alternada, obtendo um valor DC com baixa ondulação, e após isso, transformar esta em AC novamente, porém com a freqüência desejada.

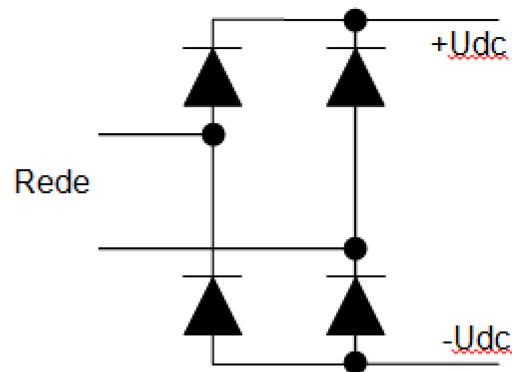
Inversores de Frequência

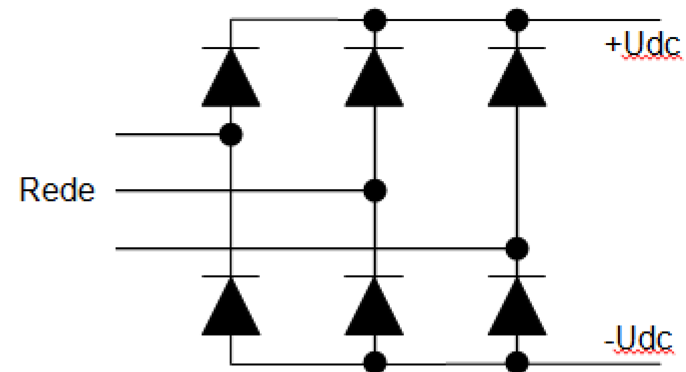


Inversores de Frequência

- **Retificador:** Uma ponte retificadora na entrada da alimentação, podendo ser monofásica e/ou trifásica. Inversores de baixa potência podem utilizar alimentação monofásica. Com maiores potências a utilização de retificação trifásica torna-se mais eficiente, ou seja, permite a utilização de componentes menos dimensionados.

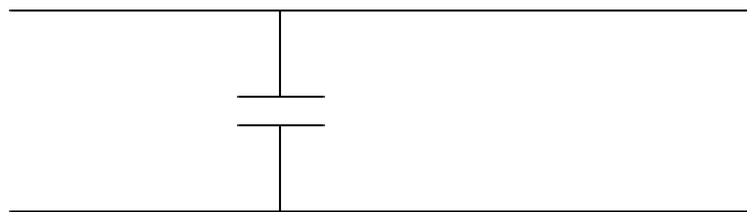
Inversores de Frequência





Inversores de Frequência

Circuito intermediário: Filtra a tensão retificada diminuindo seu ripple, e fornece a corrente de saída. Também faz a troca de reativos com o motor.

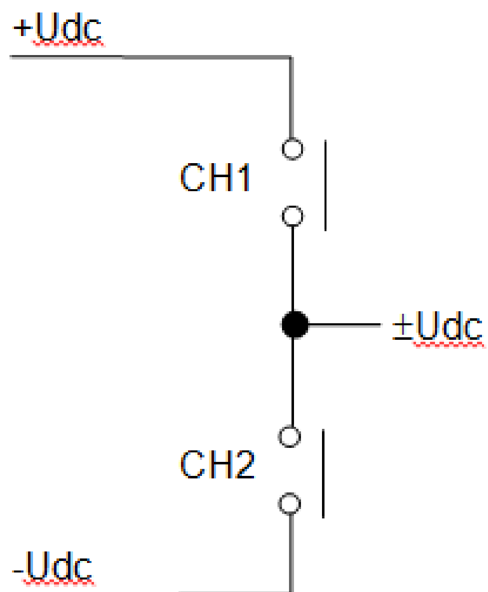


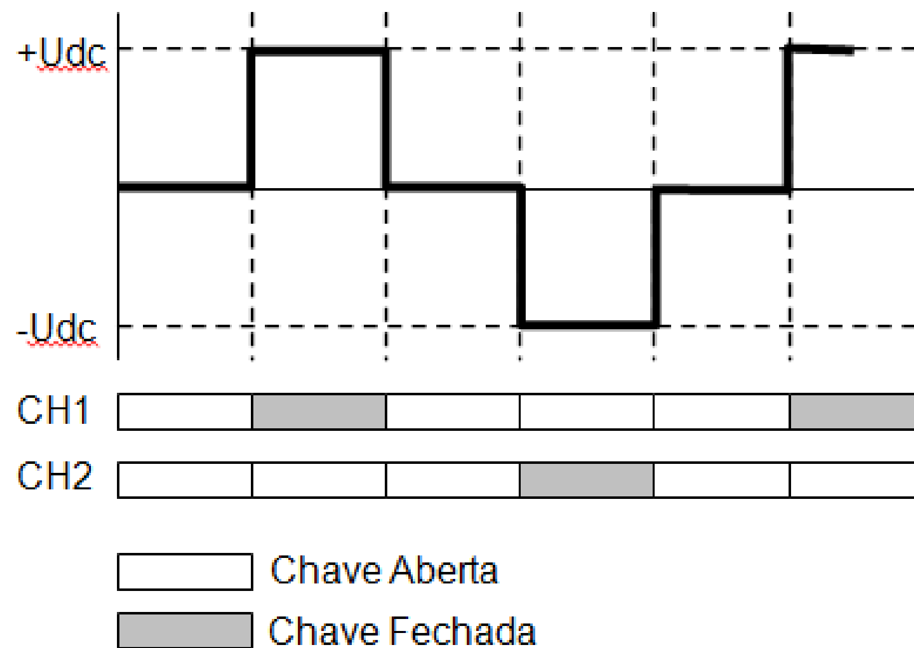
Inversores de Frequência

Etapa inversora: Os transistores (IGBTs) operam como chaves, transformando o nível de tensão DC do link em uma tensão alternada para que seja aplicada ao motor. Isto ocorre controlando quais transistores conduzem e em que momento conduzem.

A forma de onda da alimentação do motor não será senoidal, o que pouco importa para que o motor gire.

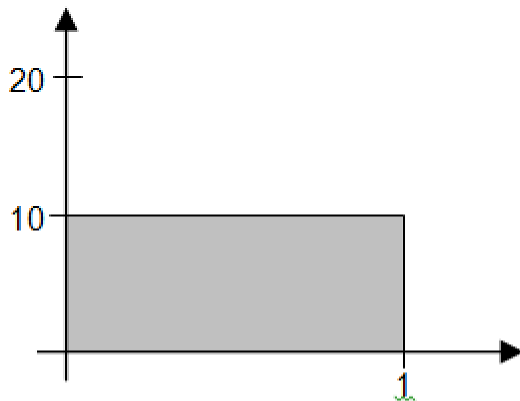
Inversores de Frequência

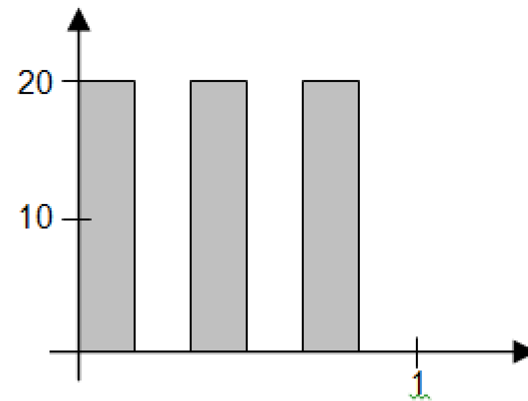




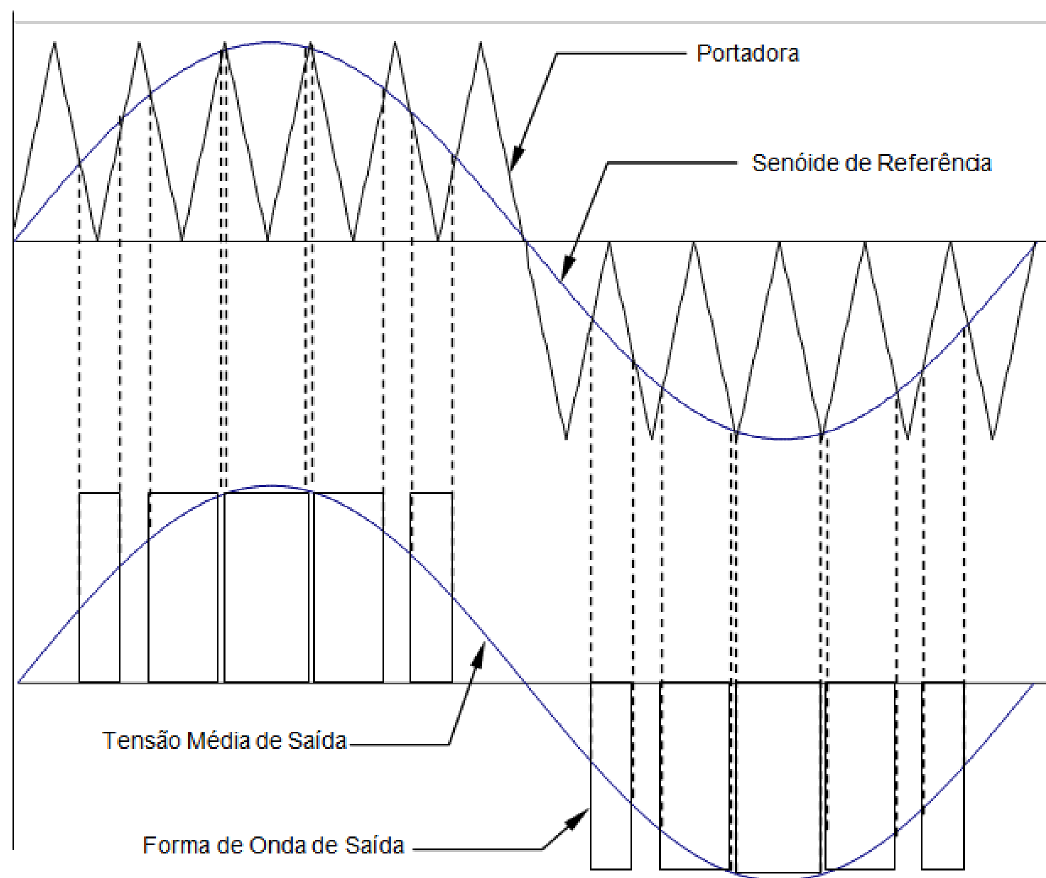
Inversores de Frequência

Modulação PWM (*Pulse Width Modulation* - Modulação por Largura de Pulso):





Inversores de Frequência

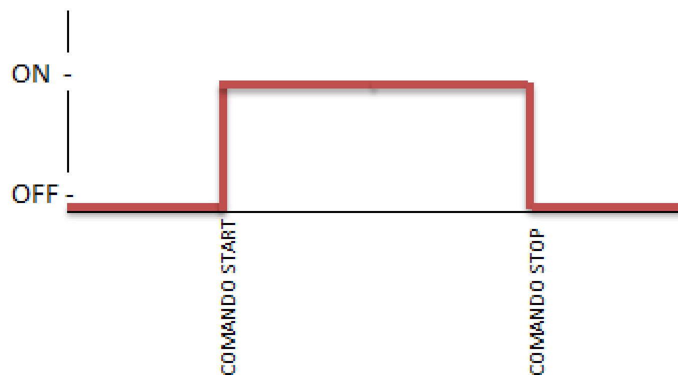


FIERGS CIERGS SESI SENAI IEL

FIERGS SENAI

Controles Principais

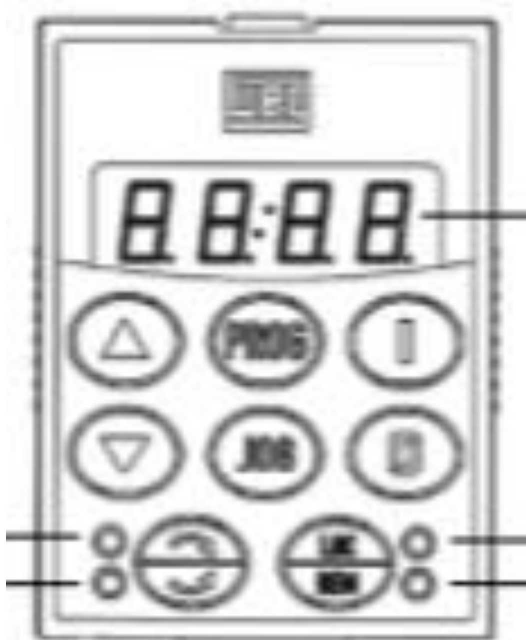
- **Start/Stop:** A partida e a parada do motor pode ser dada através de controle local ou remoto. Esse comando pode ser dado por pulsos, por chave ON-OFF ou até mesmo Toggle.

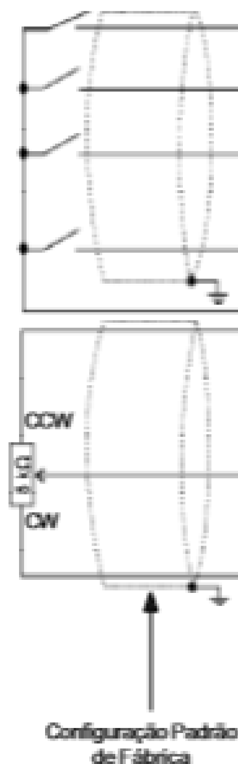


Controles Principais

- **Local/Remoto:** Comando local é o comando realizado no próprio inversor, por exemplo, da IHM do mesmo. O comando remoto, como o próprio nome já diz é um comando feito de forma remota, através de sinais elétricos vindos de campo, que são capazes de acionar as entradas digitais e/ou analógicas do mesmo.

Controles Principais – CFW08

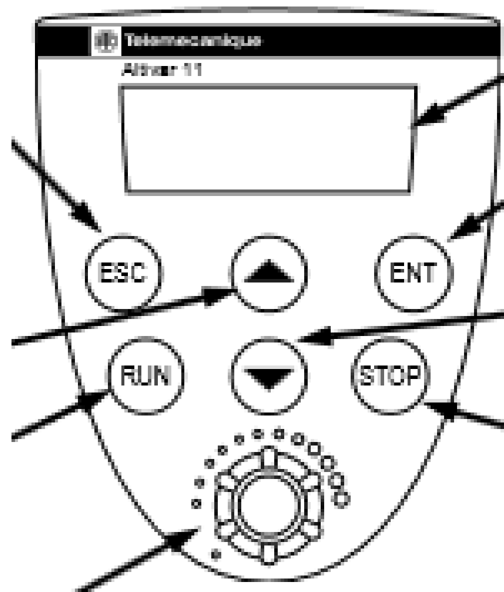


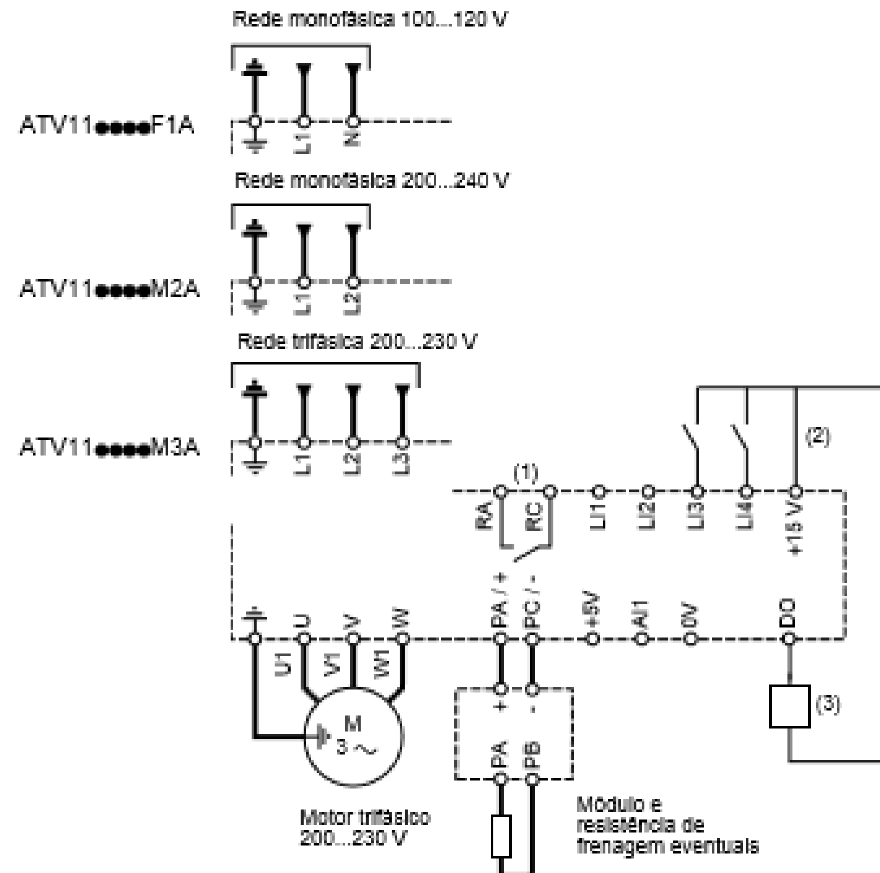


Conector XC1		Descrição Função Padrão de Fábrica	Especificações
1	DI1	Entrada Digital 1 Habilita Geral	4 entradas digitais isoladas - Lógica NPN Nível alto mínimo: 10 Vcc Nível alto máximo: 30 Vcc Nível baixo máximo: 3 Vcc - Lógica PNP Nível baixo máximo: 10 Vcc Nível alto mínimo: 21,5 Vcc Nível alto máximo: 30 Vcc Corrente de Entrada: -11 mA Corrente de Entrada Máxima: -20 mA
2	DI2	Entrada Digital 2 Sentido de Giro	
3	DI3	Entrada Digital 3 Reset	
4	DI4	Entrada Digital 4 Gira/Pára	
5	GND	Referência 0 V	Não interligada com o PE
6	AI1 ou DI5 ou PTC1	Entrada Analógica 1 ou Entrada Digital 5 ou Entrada PTC Referência de Freqüência (remota)	(0 a 10) Vcc, (0 a 20) mA e (4 a 20) mA (figura 3.10). Impedância: 100 kΩ (entrada em tensão) e 500 Ω (entrada em corrente). Erro de linearidade < 0,25 % Tensão máxima de entrada: 30 Vcc Consulte a descrição detalhada do parâmetro P235
7	+10 V	Referência para o Potenciômetro	+10 Vcc, ± 5 %, capacidade: 2 mA
8	GND	Referência 0 V	
9		Sem Função	
10	NF	Contato NF do Relé 1 Sem Erro (P277 = 7)	 Capacidade dos contatos: 0,5 A / 250 Vca
11	Comum	Ponto Comum do Relé 1	
12	NA	Contato NA do Relé 1 Sem Erro (P277 = 7)	

Fonte: Manual do Inversor CFW08 da WEG

Controles Principais – ALTIVAR 11





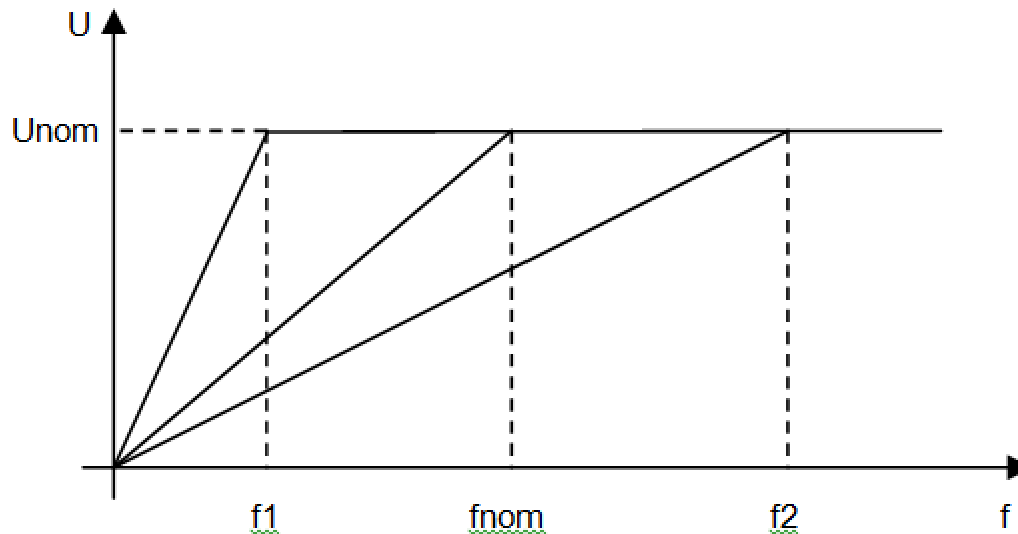
Fonte: Manual do Inversor Altivar 11 da Telemecanique

Controles Principais

- **Referência de velocidade:** A referência de velocidade é o parâmetro usado para definir-se a frequência de saída do inversor. Essa referência pode ser dada de modo local, por um potenciômetro ou teclas de navegação da IHM, ou de modo remoto através de uma entrada analógica. No caso da entrada analógica, o valor medido na mesma é revertido proporcionalmente à frequência de saída.

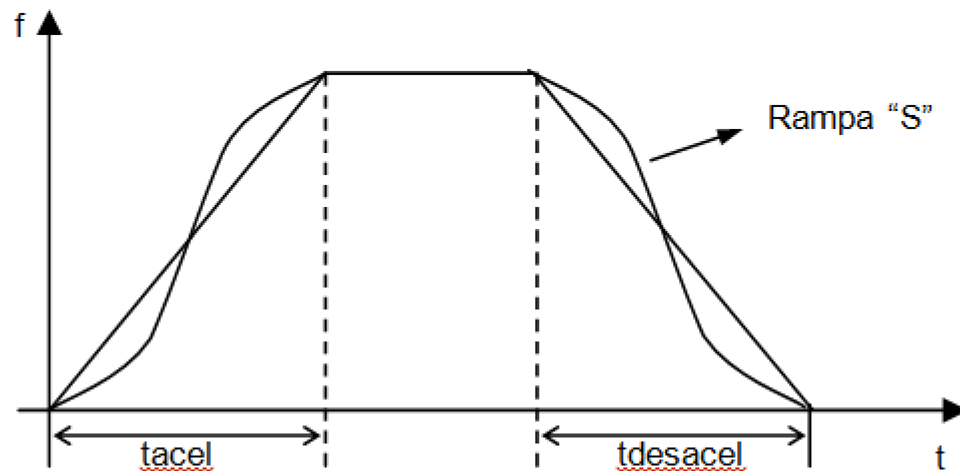
Controles adicionais

- **U/f Ajustável:** A tensão nominal é aplicada ao motor, quando atinge-se a freqüência nominal, normalmente 50 ou 60 Hz. Caso o motor trabalhe em uma freqüência fora deste padrão, é possível fazer este ajuste.



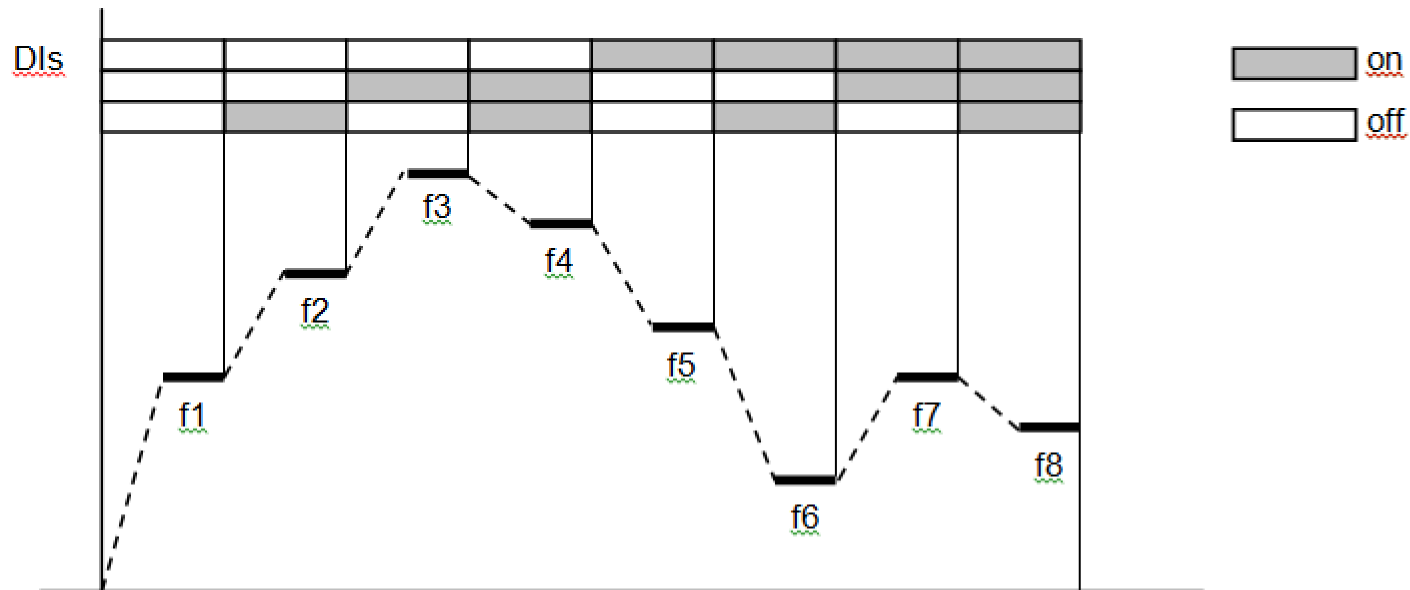
Controles adicionais

- **Rampas:** Ao variar a velocidade de um motor, um inversor permite realizar esta variação em função do tempo, ou seja, proporciona um controle de aceleração e/ou desaceleração.



Controles adicionais

- **Multispeed:** Esta função permite que o motor gire com velocidades pré-definidas, em função da combinação das entradas digitais (ligado – desligado).



Parametrização

- O mercado oferece um infinidade de inversores de frequência, das mais variadas marcas. Cada fabricante, cria a sua forma de trabalho, podendo alterar a forma de parametrização de fabricante para fabricante. É importante nessa hora, que saibamos onde consultar a informação. Os manuais desses equipamentos são ricos de informações e devem ser lidos para o seu perfeito manuseio. Vejamos:

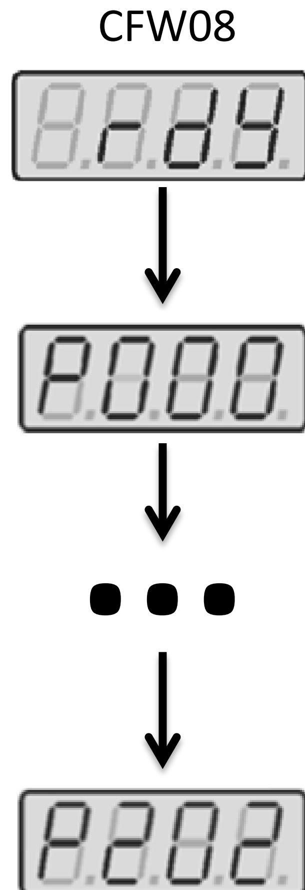
WEG X TELEMECANIQUE



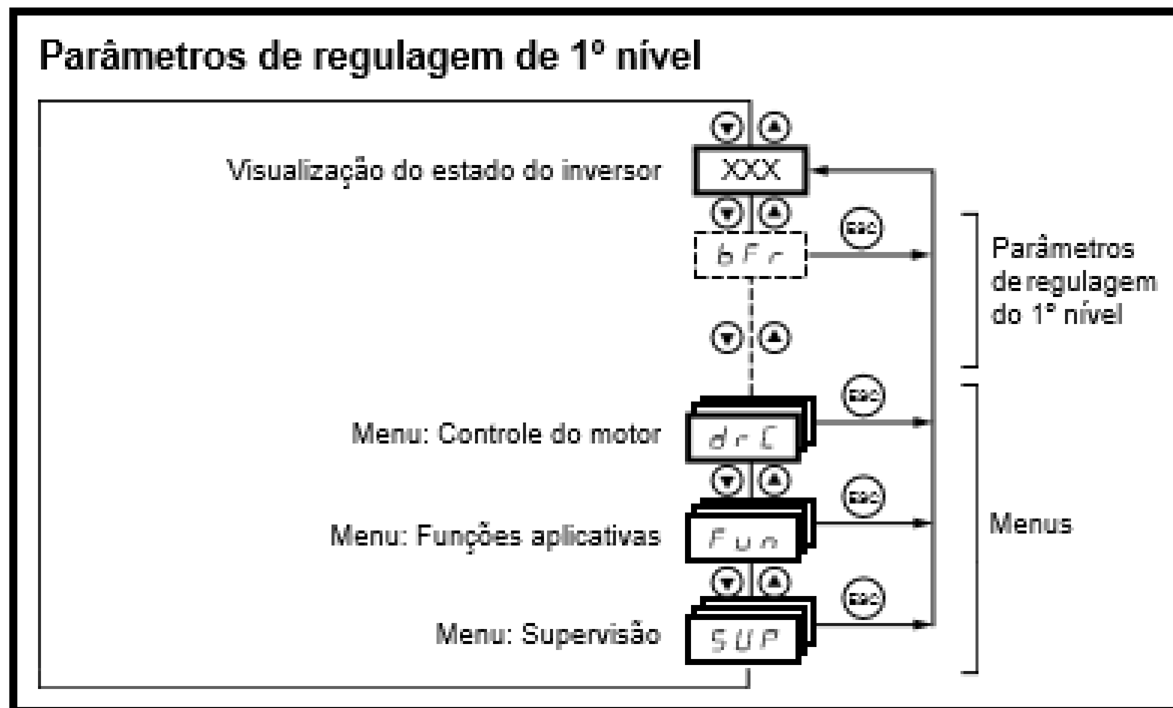


Parametrização - Menus

CFW08



ALTIVAR 11



Fonte: Manual do Inversor Altivar 11 da Telemecanique

Parametrização – Parâmetros – Altivar 11

Menu Principal

Código	Descrição	Faixa de regulagem	Regulagem de fábrica
bFr	Freqüência do motor	50 Hz ou 60 Hz	50
	Este parâmetro somente é visível aqui na primeira energização. Ele permanece sempre modificável no menu FUn.		
ACC	Tempo da rampa de aceleração	0,1 s a 99,9 s	3
	Definido para ir de 0 Hz à freqüência nominal do motor FrS (parâmetro do menu drC).		
dEC	Tempo da rampa de desaceleração	0,1 s a 99,9 s	3
	Definido para ir da freqüência nominal do motor FrS (parâmetro do menu drC) a 0 Hz.		
LSP	Velocidade mínima	0 Hz a HSP	0
	Freqüência do motor com referência 0.		
HSP	Velocidade máxima	LSP a 200 Hz	= bFr
	Freqüência do motor com referência máx. Assegurar-se que esta regulagem convém ao motor e às aplicações.		
ItH	Corrente térmica do motor	0 a 1,5 In (1)	Segundo o calibre do inversor
	Corrente utilizada para a proteção térmica do motor. Regular ItH com a corrente nominal lida na placa de identificação do motor. ⚠ **O estado térmico do motor não é memorizado na desenergização do inversor.**		
SP2	2ª velocidade pré-selecionada (2)	0,0 a 200 Hz	10
SP3	3ª velocidade pré-selecionada (2)	0,0 a 200 Hz	25
SP4	4ª velocidade pré-selecionada (2)	0,0 a 200 Hz	50
AIt	Configuração da entrada analógica	5U, 10U, 0A, 4A	5U
	- 5U: em tensão 0 - 5 volts (alimentação interna) - 10U: em tensão 0 - 10 volts (alimentação externa) - 0A: em corrente 0 - 20 mA - 4A: em corrente 4 - 20 mA		

Fonte: Manual do Inversor Altivar 11 da Telemecanique

Parametrização – Parâmetros – Altivar 11

Menu drC

Código	Descrição	Faixa de regulagem	Pré-regulagem de fábrica
UnS	Tensão nominal do motor lida na placa de identificação.	100 a 500 V	Segundo o calibre
FrS	Freqüência nominal do motor lida na placa de identificação.	40 a 200 Hz	50 / 60Hz segundo bFr
StA	Estabilidade da malha de freqüência.	0 a 100% na parada 1 a 100% em marcha	20
	Valor muito alto: prolongamento do tempo de resposta. Valor muito baixo: ultrapassagem de velocidade, eventualmente uma instabilidade.		
FLG	Ganho da malha de freqüência.	0 a 100% na parada 1 a 100% em marcha	20
	Valor muito alto: ultrapassagem de velocidade, instabilidade. Valor muito baixo: prolongamento do tempo de resposta.		
UFr	Compensação RI Permite otimizar o conjugado em baixíssima velocidade, ou adaptar-se a casos especiais (exemplo: para motores em paralelo, reduzir UFr).	0 a 200%	50
nCr	Corrente nominal do motor lido na placa de identificação.	0,25 a 1,5 In (1)	Segundo o calibre
CLI	Corrente de limitação	0,5 a 1,5 In (1)	1,5 In
nSL	Escorregamento nominal do motor	0 a 10,0 Hz	Segundo o calibre
	A calcular segundo a fórmula: nSL = parâmetro FrS x (1 - Nn/Ns) Nn = velocidade nominal do motor lida na placa de identificação Ns = velocidade de sincronismo do motor		
SLP	Compensação de escorregamento	0 a 150% (de nSL)	100
	Permite regular a compensação de escorregamento em torno do valor fixado pelo escorregamento nominal do motor nSL, ou adaptar-se a casos especiais (exemplo: para motores em paralelo, reduzir SLP).		
COS	Cos ϕ nominal motor lido na placa de identificação	0,50 a 1,00	Segundo o calibre

Fonte: Manual do Inversor Altivar 11 da Telemecanique

Parametrização – Parâmetros – Altivar 11

Menu FUn

Código	Descrição	Pré-regulagem de fábrica
tCC ACt	**Tipo de controle** 2C = comando a 2 fios 3C = comando a 3 fios LOC = comando local (RUN / STOP do inversor) Comando a 2 fios: É o estado aberto ou fechado da entrada que comanda a partida ou a parada. Exemplo de ligação: LI1: avanço LIx: reverso Comando a 3 fios (Comando por pulsos): um pulso "avanço" ou "reverso" é suficiente para comandar a partida, um pulso "stop" é suficiente para comandar a parada. Exemplo de ligação: LI1: parada LI2: avanço LIx: reverso Para mudar a configuração de tCC, deve-se fazer uma pressão prolongada (por 2 s) da tecla "ENT", o que provoca o retorno às regulagens de fábrica das funções: rrS, tCt, Atr, PS2 (LIA, LIb).	LOC
tCt	Tipo de comando a 2 fios (parâmetro acessível somente se tCC = 2C): LEL: o estado 0 ou 1 é considerado para a partida ou a parada. trn: uma mudança do estado (transição ou subida do sinal) é necessária para ativar a marcha, o que evita uma partida intempestiva após uma interrupção da alimentação. PFO: como LEL, mas a entrada de sentido "avanço" é sempre prioritária sobre a entrada de sentido "reverso".	trn
rrS	**Sentido reverso** nO: função inativa LI1 a LI4: escolha da entrada configurada no comando do sentido reverso Se tCC = LOC, este parâmetro é inacessível.	se tCC = 2C: LI2 se tCC = 3C: LI3
PS2	**Velocidades pré-selecionadas** (ativas mesmo se tCC e LSr = LOC) Se LIA e LIb = 0: velocidade = consigne Se LIA = 1 e LIb = 0: velocidade = SP2 Se LIA = 0 e LIb = 1: velocidade = SP3 Se LIA = 1 e LIb = 1: velocidade = SP4	
LIA	Configuração da entrada LIA - nO: função inativa - LI1 a LI4: escolha da entrada configurada em LIA	LI3, exceto se tCC = 3C: LI4
LIb	Configuração da entrada LIb - nO: função inativa - LI1 a LI4: escolha da entrada configurada em LIb SP2 somente será acessível se LIA estiver configurada, SP3 e SP4, se LIA e LIb estiverem configuradas.	LI4, exceto se tCC = 3C: nO
SP2	2ª velocidade pré-selecionada, regulável de 0,0 a 200 Hz (1)	10
SP3	3ª velocidade pré-selecionada, regulável de 0,0 a 200 Hz (1)	25
SP4	4ª velocidade pré-selecionada, regulável de 0,0 a 200 Hz (1)	50

(1) As velocidades pré-selecionadas são acessíveis também nos parâmetros de regulagens do 1º nível.

Fonte: Manual do Inversor Altivar 11 da Telemecanique

Parametrização – Parâmetros – Altivar 11

Menu SUP

Código	Parâmetro	Unid.
FrH	Visualização da referência de freqüência (configuração de fábrica)	Hz
rFr	Visualização da freqüência de saída aplicada ao motor	Hz
LCr	Visualização da corrente do motor	A
ULn	Visualização da tensão da rede	V
tHr	Visualização do estado térmico do motor: 100% corresponde ao estado térmico nominal. Acima de 118%, o inversor desliga com falha OLF (sobrecarga do motor). Ele é reativado abaixo de 100%.	%
tHd	Visualização do estado térmico do inversor: 100% corresponde ao estado térmico nominal. Acima de 118%, o inversor desliga com falha OHF (sobreaquecimento do inversor). Ele é reativado abaixo de 80%.	%

Fonte: Manual do Inversor Altivar 11 da Telemecanique

Parametrização – Parâmetros – CFW08

Parâmetro	Função	Faixa de Valores	Ajuste de Fábrica	Unidade	Ajuste do Usuário	Pág.
P000	Parâmetro de Acesso	0 a 4 = Leitura 5 = Alteração 6 a 999 = Leitura	0	-		90
	PARÂMETROS DE LEITURA - P002 a P099					
P002	Valor Proporcional à Freqüência (P208 x P005)	0 a 6553	-	-		90
P003	Corrente de Saída (Motor)	0 a 1.5xI_{nom}	-	A		90
P004	Tensão do Circuito Intermediário	0 a 862	-	V		90
P005	Freqüência de Saída (Motor)	0.00 a 300.0	-	Hz		90
P007	Tensão de Saída (Motor)	0 a 600	-	V		90
P008	Temperatura do Dissipador	25 a 110	-	ºC		91
P009 (1)	Torque do Motor	0.0 a 150.0	-	%		91
	PARÂMETROS DE REGULAÇÃO - P100 a P199					
	Rampas					
P100	Tempo de Aceleração	0.1 a 999	5.0	s		92
P101	Tempo de Desaceleração	0.1 a 999	10.0	s		92
P102	Tempo de Aceleração da 2ª Rampa	0.1 a 999	5.0	s		92
P103	Tempo de Desaceleração da 2ª Rampa	0.1 a 999	10.0	s		92
P104	Rampa S	0 = Inativa 1 = 50 % 2 = 100 %	0	-		92
	Referência da Freqüência					
P120	Backup da Referência Digital	0 = Inativo 1 = Ativo 2 = Backup por P121	1	-		93
P121	Referência de Freqüência pelas Teclas HMI	P133 a P134	3.00	Hz		93
P122	Referência JOG	0.00 a P134	5.00	Hz		94
P124	Referência 1 Multispeed	P133 a P134	3.00	Hz		94
P125	Referência 2 Multispeed	P133 a P134	10.00	Hz		94
P126	Referência 3 Multispeed	P133 a P134	20.00	Hz		94

Fonte: Manual do Inversor CFW08 da WEG

Parametrização – Parâmetros – CFW08

Parâmetro	Função	Faixa de Valores	Ajuste de Fábrica	Unidade	Ajuste do Usuário	Pág.
	Limites de Freqüência					
P133	Freqüência Mínima (F_{min})	0.00 a P134	3.00	Hz		95
P134	Freqüência Máxima (F_{max})	P133 a 300.0	66.00	Hz		96

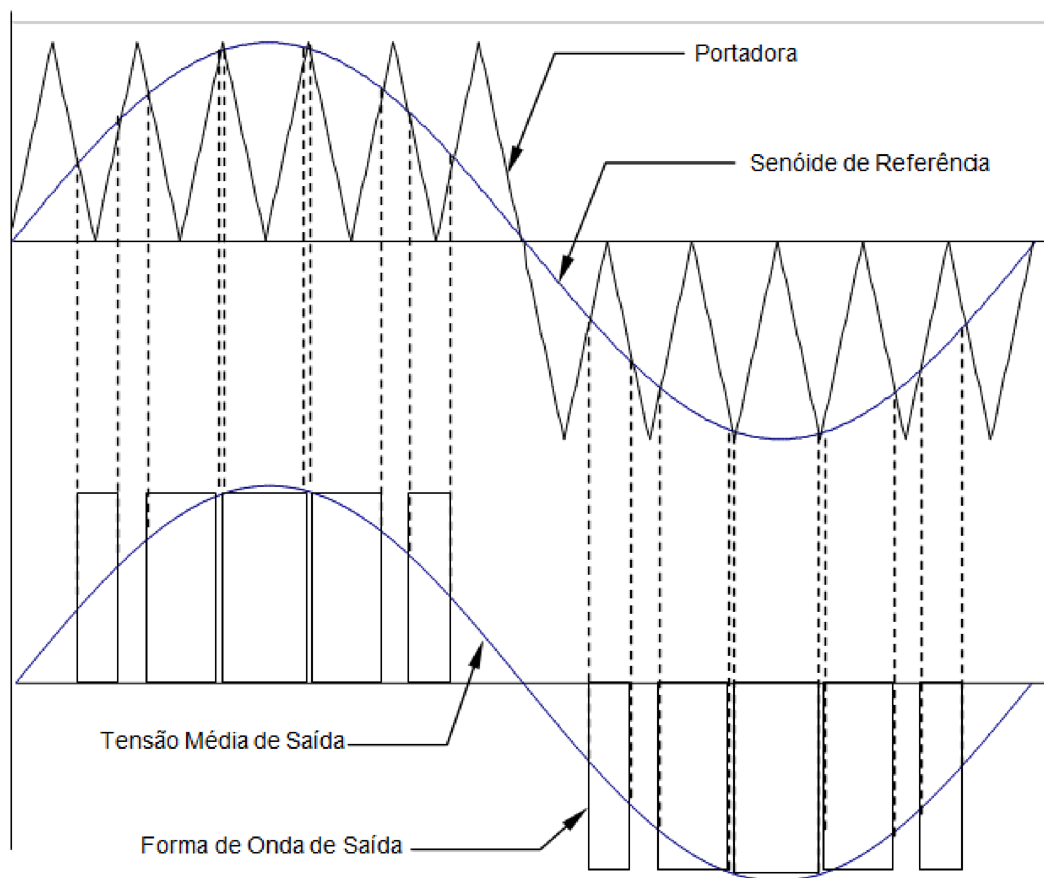
Fonte: Manual do Inversor CFW08 da WEG

Parametrização Parâmetros CFW08

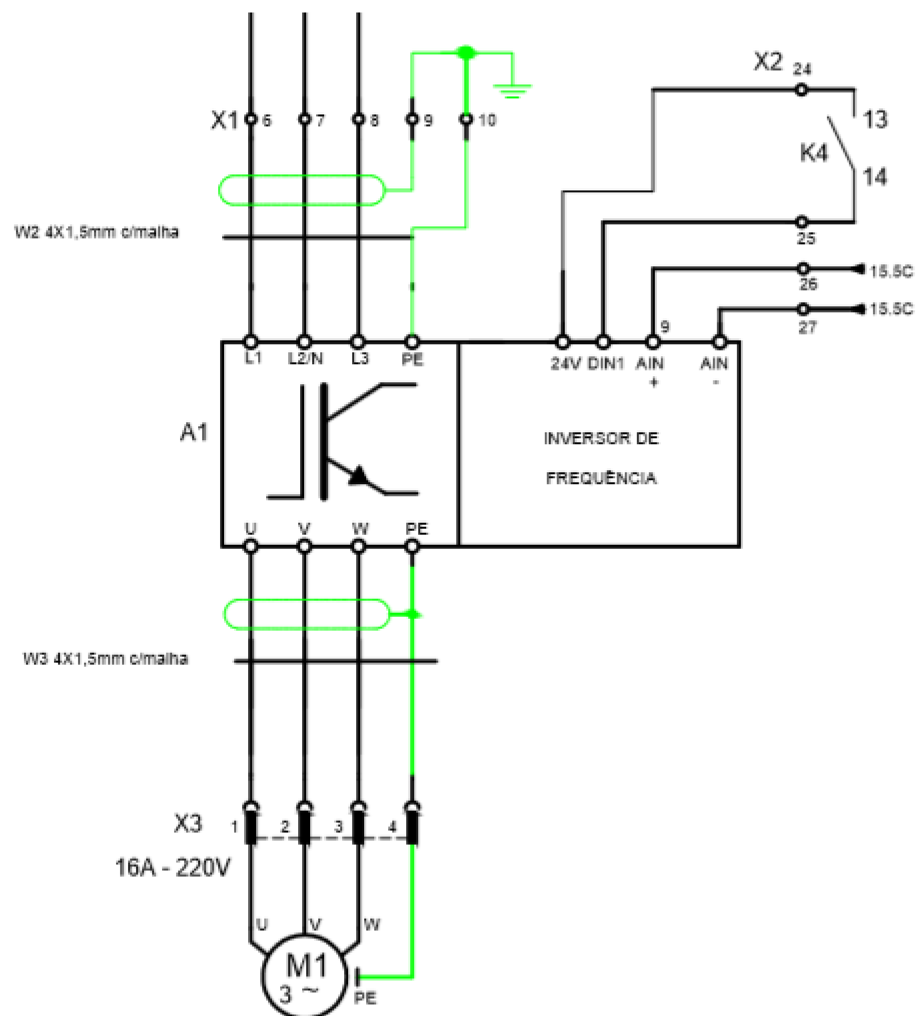
Parâmetro	Função	Faixa de Valores	Ajuste de Fábrica	Unidade	Ajuste do Usuário	Pág.
Definição Local/Remoto						
P220 [3]	Seleção da Fonte Local/Remoto	0 = Sempre Local 1 = Sempre Remoto 2 = Tecla HMI-CFW08-P ou HMI-CFW08-RP (default: local) 3 = Tecla HMI-CFW08-P ou HMI-CFW08-RP (default: remoto) 4 = DI2 a DI4 5 = Serial ou Tecla HMI-CFW08-RS (default: local) 6 = Serial ou Tecla HMI-CFW08-RS (default: remoto)	2	-		108
P221 [3]	Seleção da Referência de Velocidade - Situação Local	0 = Teclas (▲) e (▼) HMI 1 = AI1 2, 3 = AI2 4 = E.P. 5 = Serial 6 = Multispeed 7 = Soma AI ≥ 0 8 = Soma AI	0	-		109
P222 [3]	Seleção da Referência de Velocidade - Situação Remoto	0 = Teclas (▲) e (▼) HMI 1 = AI1 2, 3 = AI2 4 = E.P. 5 = Serial 6 = Multispeed 7 = Soma AI ≥ 0 8 = Soma AI	1	-		109
P229 [3]	Seleção de Comandos - Situação Local	0 = Teclas HMI-CFW08-P ou HMI-CFW08-RP 1 = Bornes 2 = Serial ou Teclas HMI-CFW08-RS	0	-		109
P230 [3]	Seleção de Comandos - Situação Remoto	0 = Teclas HMI-CFW08-P ou HMI-CFW08-RP 1 = Bornes 2 = Serial ou Teclas HMI-CFW08-RS	1	-		109
P231 [3]	Seleção do Sentido de Giro - Local e Remoto	0 = Horário 1 = Anti-horário 2 = Comandos 3 = DIx	2	-		110

Fonte: Manual do Inversor CFW08 da WEG

Inversores de Frequência – Ruídos



Ligações Elétricas



Desafio

- Como comandar um motor, controlado por um inversor de frequência, por um CLP?

Referências

- BASOTTI, Márcio Rogério. **Eletricidade;** Instalações Industriais; SENAI-RS;
- Planos de Aula de Márcio Rogério Basotti – 2005;
- Guia de Aplicação de Inversores de Freqüência – WEG;
- Manual de Utilização inversor CFW-09 WEG;
- Manual de Utilização inversor CFW-08 WEG;
- Manual de Utilização inversor Altivar 11 Telemecanique;
- www.clubedohardware.com.br





vander.campos@live.com

REVISÃO: A 06/05/2014



